



**OPTIMIZACION DE PORTAFOLIOS DE INVERSION EN RENTA  
VARIABLE A TRAVÉS DE ALGORITMO GENÉTICO**

**OMAR CAMILO CRUZ RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2018**

**OPTIMIZACION DE PORTAFOLIOS DE INVERSION EN RENTA  
VARIABLE A TRAVÉS DE ALGORITMO GENÉTICO**

**OMAR CAMILO CRUZ RODRIGUEZ**

**EDUARDO ARTURO CRUZ TREJOS  
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2018**

## **CONTENIDO**

CAPITULO 1 GENERALIDADES	3
1.1    ÁREA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2    MATERIAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3    LÍMITE O ALCANCE	3
1.4    TEMA	4
1.5    ESPACIO	4
1.6    TIEMPO	4
1.7    PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.8    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.9    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.10   SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.11   JUSTIFICACIÓN	9
1.12   OBJETIVOS	10
CAPITULO 2 MARCO DE REFERENCIA	11
2.1    MARCO TEORICO	11
2.2    Teoría de portafolio moderno de Harry Markowitz	16
2.3    Algoritmos Genéticos	18
2.4    MARCO CONCEPTUAL	21
2.5    RENTABILIDAD	25
2.6    MARCO TEMPORAL	26
CAPITULO 3 METODOLOGÍA	27
3.1    TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2    DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
CAPITULO IV DESARROLLO	28
CAPITULO 5 CONCLUSIONES	40
CAPITULO 6 RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

## **CAPITULO 1**

Optimización de portafolios de inversión en renta variable a través de algoritmos genéticos

### **1.1 ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

La presente proposición de investigación abarca temas relacionados netamente a mercados financieros, proyectos y portafolios de inversión, también como conocimientos estadísticos en meta heurísticos de algoritmos genéticos o evolutivos y temas relacionados a matemáticas discretas en programación lineal para la optimización de situaciones o casos particulares. Es conveniente resaltar que toda la investigación ronda sobre la temática de optimización de portafolios de inversión, como tema principal de la herramienta de investigación.

### **1.2 MATERIAS DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de la investigación, se requiere recurrir a algunos conocimientos que se relacionan ampliamente con materias vistas durante la carrera como son:

- Mercados I y II
- Análisis Financiero
- Investigación de operaciones I y II
- Seminario de Investigación
- Estadística I II y III
- Cálculo
- Economía
- Optimización financiera

### **1.3 LÍMITE O ALCANCE**

Los límites del proyecto se ven reflejados en los campos del conocimiento relacionados a la teoría de portafolio de inversión moderna, en mercados de renta variable, para el caso del mercado financiero colombiano, como también, la utilización de la meta heurística algoritmos genéticos o evolutivos para el año

actual, en acciones de mayor movimiento de compra y venta según el índice ICOLCAP.

## **1.4 TEMA**

El proyecto de investigación tiene como tema principal el estudio de los problemas de optimización de portafolios de inversión, con lo que respecta a la minimización del riesgo de la inversión, y la utilización de la meta heurística de algoritmo genético aplicado al campo financiero para este caso.

## **1.5 ESPACIO**

Se abarca el mercado financiero colombiano, como lo son las plataformas de inversión en la bolsa de valores de Colombia y la página de la bolsa de valores colombiana, para la extracción de data.

## **1.6 TIEMPO**

Para el desenvolvimiento de la investigación se tiene que se data bajo fuentes de información suministradas por las plataformas de inversión de la bolsa de valores de Colombia, teniendo en cuenta que los datos históricos extraídos de los precios de las acciones son del año 2018 y el año anterior con aproximadamente de seis de anterioridad.

## **1.7 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1 ANTECEDENTES DE LA IDEA**

La Bolsa de Valores de Colombia cumple 10 años, pero empezó a gestarse hace 83, cuando se creó la Bolsa de Valores de Bogotá, la primera rueda accionaria se realizó el 2 de abril de 1929. Fue un largo camino hasta que aparecieron la Bolsa de Valores de Medellín en 1961, la Bolsa de Valores de Occidente en 1983. Convivieron durante 13 años, pero la descentralización hacía muy costoso el precio de los activos.

Las transacciones requerían de una complicada logística a lo que se sumaba la baja liquidez y los reducidos instrumentos financieros. Todo ello llevó a que el 3

de julio de 2001 se conformara la primera Bolsa de Valores de Colombia (BVC) con sede en Bogotá, un mercado bursátil con posibilidades de agilizar los procesos y ampliar el número de inversionistas. En 2007, se da la más grande emisión de acciones que se ha registrado en el país con Ecopetrol, que vendió 10.1% de su patrimonio, desde allí se masifica la participación de personas naturales en el mercado de valores.

En 2008 se incluyen los derivados estandarizados que atraen, entre otros, a muchos comerciantes interesados en cubrir pérdidas por fluctuación de la tasa de cambio. La cifra de inversionistas viene en aumento en un solo año, entre 2010 y 2011, se pasó de 693.000 a 840.000. Este crecimiento se reflejó en el hecho, entre otras cosas, de que empresas extranjeras como Pacific Rubiales y Canacol, decidieron listarse en la BVC para financiar sus procesos de expansión.

El desarrollo del comercio en Europa y la necesidad de negociar las mercancías, que llegaban a bordo de los barcos a los puertos, en el siglo XV, llevaron a la necesidad de crear las bolsas de valores cuyos inicios se dieron en las ferias medievales de Europa occidental, en las que se empezaron las transacciones de valores mobiliarios y títulos.

En esta época, los intercambios no, se realizaban por medio de dinero metálico, sino a través de la entrega de un billete de intercambio, que después era negociado en los bancos de las ciudades por dinero.

El término “bolsa” que apareció en Brujas, (Bélgica), viene de la tradicional familia de banqueros Van der Bursen, cuyo palacio es reconocido por haber albergado en esa época, un mercado de títulos valores y donde las personas de la región se reunían con el fin con el fin de hacer negocios.

Para 1460 inició operaciones la bolsa de Amberes, consideraba como la primera institución bursátil en sentido moderno, seguida de la de Amsterdam, en 1602, creada por la compañía Holandesa de las Indias Orientales con el fin de hacer tratos con sus acciones y bonos, la cual se convirtió en la primera en negociar formalmente con activos financieros.

A partir de ese momento, en las grandes ciudades del mundo inició una tendencia de abrir mercados de valores, como fue el caso de la Bolsa de Londres, que fue fundada en 1570 y que fue denominada London Stock Exchange; la de Lyon, en Francia, en 1595; la de Nueva York, en 1792 y la de París en 1794.

### **1.7.2 Historia colombiana de las bolsas**

- **Bolsa de Medellín.**

Con la violencia partidista atenuada en las ciudades y un aliento de ilusión y progreso por el periodo de transición política que vivía el país, a manos del Frente Nacional, surge el 19 de enero de 1961 la Bolsa de Valores de Medellín. Se realizó con un capital pagado y aportado por la Asociación de Corredores de Medellín, compuesta por 29 corredores para aquella época.

Este nuevo espacio, en la ciudad de la eterna primavera, fue un hito, puesto que descentralizó el mercado de capitales del país, lo que suponía un nuevo reto para

los empresarios y los comisionistas. Esta era una época donde los corredores negociaban las acciones en las diferentes ciudades y con el título en mano, para aprovechar los precios en cada ciudad. En aquella época el mercado de capitales no duraba más de una hora y se realizaban dos ruedas diarias.

La década de 1960 fue de desarrollo industrial, crecimiento en las exportaciones, expansión demográfica y urbanística, lo que aportó a la evolución de esta bolsa.

- **Bolsa de Bogotá.**

El 23 de noviembre de 1928 y con un capital de \$20.000, empezó la Bolsa de Bogotá. La primera junta estuvo conformada por Jorge Soto, Arthur Schuler, Jonh Henry Coleman, José Marís Tamayo, Jorge Serventi, Carlos Michelsen, Luis Londoño, Stuar Hossie, Jacques Prevosteau, Lis Escobar, F.T. Dever, William Mcquibber y Antonio Graus.

Para el 12 de marzo de 1929, 25 empresas se registraron para emitir acciones. La primera rueda duró sólo 10 minutos y ocurrió el 2 de abril de 1929, allí se transaron 4.000 cédulas del Banco Hipotecario de Colombia, 823 acciones de Coltabaco, 41 acciones del Banco Hipotecario de Bogotá y 1.500 cédulas del Banco Hipotecario de Colombia.

En 1955 el Gobierno aprobó la venta de acciones de Acerías Paz del Río, la empresa que por ese entonces era estatal. Con aquella democratización la firma logró tener por lo menos 400 accionistas.

La BVB sufrió los avatares de la crisis económica de los 30. En 1934 se consolida una propuesta alterna de Bolsa de Valores de Colombia, pero esta iniciativa no prosperó y terminó fusionándose con la Bolsa de Bogotá. Años más tarde otras dos iniciativas similares llegarían como herramienta de descentralización de la Bolsa de Bogotá, en Medellín y Cali.

- **Bolsa de Occidente.**

El 20 de enero de 1983 se fundó la Bolsa de Valores de Occidente, ubicada en la ciudad de Cali, la tercera bolsa de Colombia, con la cual se completaba la descentralización del mercado de valores nacional. Las tres plazas bursátiles, lograron convivir durante 13 años. Sin embargo, era claro que esta situación, aun cuando significaba una oferta de títulos mayor para los inversionistas, producía ineficiencias en el precio de éstos, puesto que resultaban más costosos.

El 7 de marzo de 1983 inició operaciones con 11 empresas inscritas y bajo la presidencia de Óscar Varela, quien se encargó de promover el desarrollo de la entidad.

- **Bolsa de Valores de Colombia en la actualidad**

La Bolsa de Valores en la Actualidad, es una plataforma multi-productos y multi-mercados, que ofrece el servicio de un lugar de negociación de instrumentos financieros, a través de ruedas de negociación electrónicas por medio del mercado electrónico colombiano (MEC). El sistema centralizado de operaciones de negociación y registro del mercado, mercado electrónico colombiano es el sistema suministrado y administrado por la BVC, mecanismo por el cual las entidades afiliadas pueden efectuar, mediante estaciones de trabajo remotas, las siguientes operaciones en la medida en que se encuentren debidamente habilitadas y reglamentadas por el administrado.

- Celebrar entre los afiliados del sistema, contratos y transacciones propias a su régimen legal sobre valores de renta fija variable en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios y en la BVC.
- Registrar las operaciones celebradas entre los afiliados o entre éstos y otras personas no afiliadas al sistema sobre valores de renta fija y variable inscritos en el registro de valores e intermediarios.

Entre las líneas de negocio de la BVC, se encuentran:

- Mercado de Capitales y Servicios de Emisores
- Servicios de Post-Negociación
- Servicios de información
- Soluciones de Tecnología e innovación

Entre sus líneas de negocio con mayores ingresos se encuentra el mercado de capitales, éste mercado está conformado por renta fija, renta variable, divisas e índices. El mercado de renta variable se encuentra contenido por:

- Compra/venta de acciones
- Operaciones repos
- Transferencias temporales de valores
- BOCEAs

Donde la mayor participación de está concentrada en la compra y venta de acciones, allí se observa que el mercado de la compra y venta de acciones en Colombia posee aproximadamente el 91% del volumen total negociado en renta variable, y en comparación con el mercado de renta fija, su participación en el volumen total negociado de la BVC, es demasiado baja, ya que, los instrumentos más negociados para el caso Colombiano son los títulos de deuda publica



emitidos por el gobierno de la república (TES), esto nos da a pensar que el mercado accionario en Colombia no ha tenido grandes auges, y que hay un perfil promedio de los inversionistas, un perfil conservador, con aversiones altas al riesgo.

## **1.8 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En un mundo tan globalizado como hoy, la tecnología se vuelve cada vez más accesible a manos de los inversionistas y nuevos inversionistas en mercados financieros globales, donde se percibe un aceleramiento de los flujos de información, en todas las materias donde los mercados e instrumentos financieros no se escapan. Los problemas de comunicación, de la información y la velocidad de recepción y envío de mensajes han quedado realmente en el pasado para los temáticas financieras, donde cualquier persona en el mundo que pueda tener acceso por medio de un dispositivo conectado a internet, puede enterarse de los últimos movimientos de las bolsas de valores, datos que involucran empresas, noticias económicas, y por supuesto subidas y bajadas de los precios de los instrumentos financieros, es claro así que los inversionistas están al "acecho" de nuevas oportunidades de inversión en todo momento y en cualquier parte. Asimismo, las herramientas para los inversionistas están a un "Clic" o un "Touch", facilitando el aprovechamiento de las oportunidades previstas por los inversionistas.

En el proceso de que las herramientas informáticas para inversión y los inversionistas estén más conectados y de una manera menos compleja, se tendrán mejores resultados que conlleven al éxito, por ejemplo, para el caso de Colombia, donde las decisiones financieras, no suelen ser las de mayores resultados, se goza de mercados volátiles e ilíquidos. Es aquí, donde las herramientas de inversión toman fuerza, para las decisiones de inversión, que cuentan con altos niveles de incertidumbre. Por consiguiente, en situaciones de incertidumbre la persona al mando del capital a invertir, ya sea, un inversionista natural o jurídico deberá saber con mucha precisión y certeza la forma de como colocar su dinero en instrumentos financieros (acciones, derivados, divisas, títulos de tesorería, swaps, o ETFs, entre otros), por lo tanto, es necesario el requerimiento de personas capacitadas y herramientas que permitan la facilitación de información de información relevante para la toma de decisiones de inversión entre las plataformas de inversión o intermediarios financieros y finalmente el trader o inversionista.

## **1.9 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Para situaciones donde se goza de altos niveles de incertidumbre, en mercados financieros volátiles, teniendo en cuenta los pasos agigantados de la competencia y el nivel de exigencia de resultados, se plantea el siguiente interrogante:

¿Es viable un modelo de portafolio óptimo en renta variable usando algoritmos genéticos?

## **1.10 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible un modelo de inversión óptimo en acciones con base en un algoritmo evolutivo, como el genético?

- ¿El modelo de portafolio óptimo selecciona las acciones que deben conformar el portafolio con base a la rentabilidad y el riesgo?
- ¿Se llega al mismo resultado si el modelo se construye con una función multi-objetivo o con una sola función objetivo y una restricción adicional?
- ¿Es posible la construcción del modelo evolutivo en Excel con base en el sistema binario?

## **1.11 JUSTIFICACIÓN**

La razón de ser del proyecto, se cimenta en la contribución al avance del conocimiento frente a temas de inversión, ya sea, para las empresas o a inversionistas individuales, personas que gocen de capital y desean realizar inversiones de su capital de riesgo disponible en instrumentos de renta variable como lo son las acciones, teniendo en cuenta el obtener rentabilidades esperadas por el inversionista de la mano con la minimización de los niveles de riesgo o incertidumbre, facilitando la herramienta que se encarga de recolectar la información, de los instrumentos financieros y estudiarlos, conformando así portafolio óptimos para la toma de decisiones.. De ésta manera, se muestra un proceso que identifica el algoritmo genético como camino a soluciones óptimas de inversión, transformándose así para facilitar la toma de decisiones de inversiones de agentes interesados en rentabilidades de acuerdo a su perfil de riesgo.

Finalmente, con la presente investigación se busca facilitar la toma de decisiones financieras a agentes de inversión actuando en el mercado financiero colombiano, minimizando los niveles de riesgo, teniendo en cuenta la complejidad que representan mercados complejos de analizar como los de acciones. Así, de ésta manera se busca que se le proporcione al inversionista dicha herramienta, y que, se aumente el nivel de inversión en el país, ya que es relevante resaltar que se está minimizando el riesgo y por tanto la aversión al riesgo tienda a disminuir, cuyo

factor representa un punto en contra a la hora de invertir en mercados financieros de alta incertidumbre como en el colombiano.

Por último, el presente proyecto investigativo es realizado como requisito del autor para optar al título de Ingeniero Industrial.

## **1.12 OBJETIVOS**

### **1.12.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo de conformación de portafolio de inversión óptima en instrumentos de renta fija y variable a través de la utilización de Algoritmos genéticos o evolutivos, desarrollando para esto una metodología.

### **1.12.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mostrar el proceso de selección de instrumentos financieros.
- Determinar el riesgo y rentabilidad esperada del portafolio según la teoría moderna de portafolio de inversión (Harry Markowitz).
- Presentar la adaptación de Algoritmos genéticos o evolutivos a un portafolio de inversión, que minimice el riesgo.
- Validar el modelo como herramienta metodológica.
- Aplicar las herramientas informáticas desarrolladas por medio de Excel.

## **CAPITULO 2 MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 MARCO TEORICO**

#### **Portafolio de inversion**

Un portafolio de inversión o también llamado cartera de inversión, es una selección de documentos o valores que se cotizan en el mercado bursátil, y en los que una persona natural o jurídica, decide colocar o invertir su dinero. Los portafolios de inversión se integran con los diferentes instrumentos que el inversionista haya seleccionado. Para hacer su elección, debe tomar en cuenta aspectos básicos como el nivel de riesgo al que se está dispuesto a correr y los objetivos que busca alcanzar con su inversión. Por supuesto, antes de decidir cómo se integra el portafolio, es necesario conocer muy bien los instrumentos disponibles en el mercado de valores a invertir, para realizar una estratégica selección de los activos más convenientes conforme al perfil

#### **Tipos de portafolios de inversion**

Existen tres tipos de portafolios clasificados según en nivel de aversión al riesgo:

- Portafolio Agresivo: Es aquel conjunto de instrumentos financieros que acepta un nivel de riesgo alto, es decir, su aversión al riesgo es mínima y tolera un alto nivel de riesgo.
- Portafolio Moderado: Es aquel conjunto de instrumentos financieros que acepta un nivel de riesgo medio, es decir, su aversión al riesgo es razonable y tolera un alto medio de riesgo.
- Portafolio Conservador: Es aquel conjunto de instrumentos financieros que acepta un nivel de riesgo bajo, es decir, su aversión al riesgo es máxima y no tolera en su inversión, niveles de riesgo.

Es conveniente hacer la aclaración, que entre las dos características del portafolio de inversión de mayor importancia las cuales son el riesgo y la rentabilidad existe una relación directamente proporcional, con esto, se dice que a mayores niveles de riesgo, mayores niveles de rentabilidades, o en el caso contrario, mientras se tengan niveles mínimos de riesgo habrán rentabilidades bajas.

- **Riesgos en portafolios de inversión**

### **Riesgos de mercado**

El riesgo de mercado es como se denomina a la probabilidad de variaciones en el precio y posición de algún activo de una empresa.

En concreto, hace referencia al riesgo de posibles pérdidas de valor de un activo asociado a la fluctuación y variaciones en el mercado. Cuando hablamos de riesgo de mercado, hablamos de un concepto general que engloba a otros:

- ✓ Riesgo de variaciones del precio de mercancías
- ✓ Riesgo de variaciones en precios de acciones
- ✓ Riesgo de cambios en el tipo de interés
- ✓ Riesgo de variaciones en el tipo de cambio de divisa extranjera
- ✓ Riesgo de posicionamiento y acepción del producto

En este sentido, el riesgo de mercado recoge posibles circunstancias adversas y determinantes para la situación de una empresa. Cuando en el mundo empresarial hablamos de riesgo de mercado se marcan aquellas contingencias que de manera directa o indirecta afectan a las variables mercantiles y económicas de la venta y cotización en las empresas.

### **Riesgo sistemático**

Básicamente, el riesgo sistemático es el que podríamos llamar el riesgo inherente a un mercado. En otras palabras, no afecta a una acción o sector particular, sino al mercado en su totalidad. Por ejemplo, en una gran crisis financiera o en un “crack bursátil” todas las acciones tienden a bajar de manera simultánea. Es un riesgo impredecible pero también imposible de evitar completamente.

Se dice que el riesgo sistemático es un riesgo no diversificable. Pero debemos aclarar que esto se refiere a instrumentos en el propio mercado (por ejemplo si uno invierte únicamente en el mercado accionario entonces efectivamente es un riesgo no diversificable). No obstante, uno puede invertir en mercados distintos y esto también es diversificación. De esta forma, riesgo sistemático se puede mitigar a través de una estrategia de asignación de activos (es decir invirtiendo en mercados distintos, como bonos y acciones).

Por otro lado, muchos inversionistas sofisticados también controlan el riesgo sistemático a través de coberturas o estrategias que implican instrumentos derivados.

### **Diversificación de un portafolio de inversión**

Idealmente, la diversificación inicia con la disposición a evaluar todas las alternativas al alcance antes de realizar las primeras inversiones en una cartera. Se empieza haciendo un plan, en el cual previamente hemos definido los objetivos, montos, plazo, riesgo asumible y necesidades de liquidez. Si estos parámetros básicos se encuentran bien definidos, la diversificación puede resultar eficiente debido a una estructura de cartera que se mantiene en línea con su objetivo principal

Generalmente se busca maximizar rendimientos y reducir riesgos.

El primer paseo es el más importante, el proyecto inicia divide la estructura del portafolio en tipos generales de activos financieros. Estas categorías básicas son: Mercado de Capitales, Mercado de Deuda, Mercado Cambiario Mercados Internacionales y Liquidez Requerida. También existen otras opciones de inversión dentro y fuera de los mercados financieros, como los bienes raíces o incluso las obras de arte

La estructura de la cartera no debería cambiar con el desempeño temporal de los mercados; sin embargo, durante el plazo, a los pequeños ajustes necesarios se les conoce como rebalanceo de portafolio. Siempre se busca mantener la estructura original, a menos que alguna de las prioridades se vea modificada; en cuyo caso se tendrán que realizar adecuaciones hacia una nueva estructura. Un mayor monto a invertir, a un mayor plazo, amplía las alternativas de diversificación. Montos pequeños a invertir en corto plazo pueden reducir el espectro de posibilidades.

Para diversificar, hasta aquí hemos determinado las categorías y las variables que influyen en nuestra estructura de inversión. En el siguiente nivel analizaremos cuáles pueden ser los componentes que forman parte de cada grupo en específico.

En esta etapa es necesario conocer lo más detalladamente posible las características particulares de cada activo que podría formar parte de la cartera.

Es muy conveniente revisar las opiniones de los especialistas. De hecho, cada activo tiene su propio objetivo, riesgos particulares y también alguna razón para formar parte de la cartera.

Si en esto no hay claridad, congruencia y definición, será difícil detectar posibles fallas en la diversificación de la cartera.

La diversificación no evita las pérdidas, pero reduce la volatilidad de la cartera y el impacto de información errónea o sucesos imprevistos en algunos sectores. El riesgo no sistemático o específico de los activos objeto de inversión si se puede reducir con la diversificación.

En cambio, el riesgo sistemático no se reduce mucho con la diversificación. Este riesgo se refiere a los eventos que afectan en general a varios mercados o activos de manera casi simultánea con consecuencias altamente correlacionadas.

En ocasiones podemos percatarnos de que demasiados activos en una cartera comprometen el rendimiento sin reducir significativamente el riesgo. Aunque no es una situación frecuente, una cartera excesivamente diversificada también tiene sus inconvenientes, por lo que se puede tener pocos activos de inversión pero bien estudiados. No siempre una diversificación demasiado amplia es lo adecuado, incluso puede resultar contraproducente. Es necesario optimizar la diversificación.

Siempre existirán imprevistos en los que será conveniente adecuar la estructura de cartera y hacer algunos ajustes en la diversificación, pero la volatilidad de muy corto plazo no debería afectar la estructura básica. Podría ser costoso y poco rentable el desviarse del objetivo final al tratar de evitar riesgos poco significativos de muy corto plazo.

En resumen, como se dice comúnmente, la diversificación es no poner todos los huevos en la misma canasta.

En el tema de inversiones, entendemos que se trata de reducir el riesgo de pérdidas en la cartera, ocasionadas por altas concentraciones de capital en pocos tipos de activos de inversión. La diversificación es principalmente un tema de administración de riesgos. La idea es distribuir el dinero en inversiones diferentes, para reducir drásticas fluctuaciones en el valor de la cartera y para evitar que posibles pérdidas de algunos activos afecten significativamente el rendimiento total.

### **Perfil del inversionista**

El perfil del inversionista está representado principalmente de dos maneras, y responde a los siguientes interrogantes:

¿Cuál es su objetivo de inversión? Es decir, que es lo que busca principalmente el inversionista al colocar su dinero en el mercado bursátil.

¿Cuál es su nivel de aversión al riesgo? Y, ¿Cuál es su rentabilidad esperada?

El perfil del inversionista, puede estar definido según su objetivo en la colocación de su capital de riesgo en el mercado bursátil. Un inversionista puede clasificarse ya sea según su nivel de aversión al riesgo o según la rentabilidad esperada que desea, debe haber una clara relación entre el nivel de rentabilidad esperado y el riesgo al que se somete de un portafolio de activos.

- **Clasificación según riesgo.**

**Conservador:** Sin tolerancia al riesgo, niveles de riesgo mínimos y rentabilidades bajas.

**Moderado:** Con una tolerancia intermedia, niveles de riesgos razonables y rentabilidades medias.

**Agresivo:** Con una tolerancia alta al riesgo, niveles de riesgo altos y rentabilidades altas.

### **Instrumentos de inversion**

Los instrumentos de inversión o activos financieros son contratos de activos intangibles que tienen cierto de valor de cambio en un determinado tiempo, y permiten a los ahorradores, dejar su dinero en manos de inversionistas para obtener mayores rendimientos. Estos activos gozan de tres principales características, como lo son: El riesgo, la rentabilidad y la liquidez.

Para el caso puntual de la Bolsa de Valores de Colombia, existen diversos tipos de instrumentos financieros pertenecientes a renta fija y variable, tales como:

- ✓ Papeles comerciales
- ✓ TES (títulos de deuda pública)
- ✓ Bonos
- ✓ CDTs
- ✓ Acciones
- ✓ Divisas
- ✓ Fondos de pensiones
- ✓ Pagarés
- ✓ Letras de cambio
- ✓ Derivados
- ✓ Swaps
- ✓ Opciones

### **Selección de Instrumentos de inversión**

Una vez se define el perfil del inversionista y se conocen los instrumentos disponibles a tratar para la conformación del portafolio de inversión, se procede a la selección de los activos. Para la selección de éstos activos se pueden aplicar diversas metodologías, que garanticen que los activos seleccionados para la conformación del portafolio, cumplan características aceptables para inversiones de menores riesgos.



## **Análisis fundamental**

Introducido por Benjamín Graham y David Dodd, en 1934, este tipo de análisis trata de calcular el valor real de las acciones mediante los datos de los balances. Por supuesto, no realiza un análisis tan básico como la mera observación de los beneficios o pérdidas de la sociedad.

El análisis fundamental intenta calcular el valor real de un título mediante el análisis de balances y lo compara con el valor de mercado, para así descubrir si en un momento determinado el precio del mismo está infravalorado. Siempre teniendo en cuenta que los resultados de los balances y los precios se encuentran en constante cambio y que la cotización se puede ver influenciada también por otros factores entre los que se incluyen los políticos y los económicos.

Con todo, el análisis fundamental es una herramienta que permite evaluar el riesgo financiero de las empresas a partir de un análisis del entorno, el cálculo de ciertos ratios clave y la valoración de las propias empresas. Fuera de Este análisis quedarían las tendencias de mercado y las gráficas de bolsa, que son el objeto de estudio principal del análisis técnico.

## **2.2 Teoría de portafolio moderno de Harry Markowitz**

Originada y desarrollada por Harry Markowitz, autor de un artículo sobre selección de cartera publicado en 1952, la teoría moderna de la selección de cartera (modern portfolio theory) propone que el inversionista debe abordar la cartera como un todo, estudiando las características de riesgo y retorno global, en lugar de escoger valores individuales en virtud del retorno esperado de cada valor en particular.

La teoría de selección de cartera toma en consideración el retorno esperado a largo plazo y la volatilidad esperada en el corto plazo.

La volatilidad se trata como un factor de riesgo, y la cartera se conforma en virtud de la tolerancia al riesgo de cada inversor en particular, tras elegir el máximo nivel de retorno disponible para el nivel de riesgo escogido.

Actualmente la teoría de las carteras se ha vuelto un tema mucho más interesante y necesario que nunca. Existen un gran número de oportunidades de inversión disponibles y la cuestión de cómo los inversionistas deberían de integrar sus carteras de inversión es una parte central de las finanzas. De hecho, este tema fue el que originó la teoría de la cartera desarrollada por Harry Markowitz en 1952.

En su modelo, Markowitz, dice que los inversionistas tienen una conducta racional a la hora de seleccionar su cartera de inversión y por lo tanto siempre

buscan obtener la máxima rentabilidad sin tener que asumir un nivel de riesgo más alto que el estrictamente necesario. Nos muestra también, como hacer una cartera óptima disminuyendo el riesgo de manera que el rendimiento no se vea afectado.

Para poder integrar una cartera de inversión equilibrada lo más importante es la diversificación, ya que de esta forma se reduce la variación de los precios. La idea de la cartera es, entonces, diversificar las inversiones en diferentes mercados y plazos para así disminuir las fluctuaciones en la rentabilidad total de la cartera y por lo tanto también del riesgo.

- **Rendimiento esperado y Riesgo del portafolio**

Dado que el rendimiento futuro de los activos financieros es incierto, éste es considerado como una variable aleatoria. Así, la incertidumbre hace que además de los rendimientos esperados, los analistas deban tener en cuenta el riesgo de los activos financieros. Por este motivo, la teoría moderna de la inversión hace uso de distribuciones de probabilidad para estimar el rendimiento futuro de los activos financieros y el riesgo asociado.

La teoría del portafolio considera que en las decisiones de inversión sólo se tienen en cuenta el retorno esperado y el riesgo. El primer momento de la distribución del retorno es usado como estimación del retorno esperado, y la varianza (o la desviación estándar) del retorno es empleada como medida del riesgo. En el área financiera, la desviación estándar es conocida como la volatilidad.

Para cálculo de la rentabilidad de portafolio tenemos, que ésta, se ve representada en la sumatoria de todas las rentabilidades individuales de cada acción en tanto a sus variaciones de precio, durante un periodo de tiempo, multiplicado por el peso que recibe cada acción, es decir, su ponderación.

$$Rentabilidad\ Portafolio = \sum P_i * R_i, n \ i = 1$$

Donde:

P= Peso de las acciones

R= Rentabilidad esperada de cada acciones

Para el cálculo del riesgo del portafolio es necesario tener en cuenta, el riesgo de cada una de las acciones y la relación existente entre los mismos. Como se puede percibir en la siguiente ecuación

$$Riesgo\ Portafolio = \sqrt{\sum \sum A_i A_j Covarianza_{ij}, n, i = 1, j = 1}$$

## 2.3 Algoritmos Genéticos

### Antecedentes

El algoritmo genético es una técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución de Darwin, que ha cobrado tremenda popularidad en todo el mundo durante los últimos años. Se presentarán aquí los conceptos básicos que se requieren para abordarla, así Como unos sencillos ejemplos que permitan a los lectores comprender cómo aplicarla al problema de su elección.

En los últimos años, la comunidad científica internacional ha mostrado un creciente interés en una nueva técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución y que se conoce como el algoritmo genético. Esta técnica se basa en los mecanismos de selección que utiliza la naturaleza, de acuerdo a los cuales los individuos más aptos de una población son los que sobreviven, al adaptarse más fácilmente a los cambios que se producen en su entorno. Hoy en día se sabe que estos cambios se efectúan en los genes de un individuo (unidad básica de codificación de cada uno de los atributos de un ser vivo), y que sus atributos más deseables (i.e., los que le permiten adaptarse mejor a su entorno) se transmiten a sus descendientes cuando éste se reproduce sexualmente.

Un investigador de la Universidad de Michigan llamado John Holland era consciente de la importancia de la selección natural, y a fines de los 60s desarrolló una técnica que permitió incorporarla a un programa. Su objetivo era lograr que las computadoras aprendieran por sí mismas. A la técnica que inventó Holland se le llamó originalmente "planes reproductivos", pero se hizo popular bajo el nombre "algoritmo genético" tras la publicación de su libro en 1975.

Una definición bastante completa de un algoritmo genético es la propuesta por John Koza:

"Es un algoritmo matemático altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos individuales con respecto al tiempo usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones genéticas de entre las que destaca la recombinación sexual. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud. "

- **Definición**

Los Algoritmos Genéticos (AGs) son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin. Por imitación de este proceso, los Algoritmos Genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas.

Un algoritmo genético consiste en una función matemática o una rutina de software que toma como entradas a los ejemplares y retorna como salidas cuáles de ellos deben generar descendencia para la nueva generación.

Versiones más complejas de algoritmos genéticos generan un ciclo iterativo que directamente toma a la especie (el total de los ejemplares) y crea una nueva generación que reemplaza a la antigua una cantidad de veces determinada por su propio diseño. Una de sus características principales es la de ir perfeccionando su propia heurística en el proceso de ejecución, por lo que no requiere largos períodos de entrenamiento especializado por parte del ser humano, principal defecto de otros métodos para solucionar problemas, como los Sistemas Expertos.

## **Problemática**

Los principios básicos de los Algoritmos Genéticos fueron establecidos por Holland, y se encuentran bien descritos en varios textos. Goldberg, Davis, Michalewicz, Reeves.

En la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio. Incluso los miembros de una misma especie compiten a menudo en la búsqueda de un compañero. Aquellos individuos que tienen más éxito en sobrevivir y en atraer compañeros tienen mayor probabilidad de generar un gran número de descendientes. Por el contrario individuos poco dotados producirán un menor número de descendientes. Esto significa que los genes de los individuos mejor adaptados se propagarán en sucesivas generaciones hacia un número de individuos creciente. La combinación de buenas características provenientes de diferentes ancestros, puede a veces producir descendientes "superindividuos", cuya adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros. De esta manera, las especies evolucionan logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven.

Los Algoritmos Genéticos usan una analogía directa con el comportamiento natural. Trabajan con una población de individuos, cada uno de los cuales representa una solución factible a un problema dado. A cada individuo se le asigna un valor ó puntuación, relacionado con la bondad de dicha solución. En la naturaleza esto equivaldría al grado de efectividad de un organismo para competir

por unos determinados recursos. Cuanto mayor sea la adaptación de un individuo al problema, mayor será la probabilidad de que el mismo sea seleccionado para reproducirse, cruzando su material genético con otro individuo seleccionado de igual forma. Este cruce producirá nuevos individuos. Descendientes de los anteriores. Los cuales comparten algunas de las características de sus padres. Cuanto menor sea la adaptación de un individuo, menor será la probabilidad de que dicho individuo sea seleccionado para la reproducción, y por tanto de que su material genético se propague en sucesivas generaciones.

De esta manera se produce una nueva población de posibles soluciones, la cual reemplaza a la anterior y verifica la interesante propiedad de que contiene una mayor proporción de buenas características en comparación con la población anterior. Así a lo largo de las generaciones las buenas características se propagan a través de la población. Favoreciendo el cruce de los individuos mejor adaptados, van siendo exploradas las áreas más prometedoras del espacio de búsqueda. Si el Algoritmo Genético ha sido bien diseñado, la población convergerá hacia una solución óptima del problema.

- **Limitaciones**

El poder de los Algoritmos Genéticos proviene del hecho de que se trata de una técnica robusta, y pueden tratar con éxito una gran variedad de problemas provenientes de diferentes áreas, incluyendo aquellos en los que otros métodos encuentran dificultades. Si bien no se garantiza que el Algoritmo Genético encuentre la solución óptima, del problema, existe evidencia empírica de que se encuentran soluciones de un nivel aceptable, en un tiempo competitivo con el resto de algoritmos de optimización combinatoria. En el caso de que existan técnicas especializadas para resolver un determinado problema, lo más probable es que superen al Algoritmo Genético, tanto en rapidez como en eficacia. El gran campo de aplicación de los Algoritmos Genéticos se relaciona con aquellos problemas para los cuales no existen técnicas especializadas. Incluso en el caso en que dichas técnicas existan, y funcionen bien, pueden efectuarse mejoras de las mismas hibridándolas con los Algoritmos Genéticos.

### **¿Cómo saber si es posible utilizar un algoritmo genético?**

La aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables. Sin embargo, no todos los problemas pudieran ser apropiados para la técnica, y se recomienda en general tomar en cuenta las siguientes características del mismo antes de intentar usarla:

- ✓ Su espacio de búsqueda (i.e., sus posibles soluciones) debe estar delimitado dentro de un cierto rango.

- ✓ Debe poderse definir una función de aptitud que nos indique qué tan buena o mala es una cierta respuesta.
- ✓ Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en la computadora.

El primer punto es muy importante, y lo más recomendable es intentar resolver problemas que tengan espacios de búsqueda discretos, aunque éstos sean muy grandes. Sin embargo, también podrá intentarse usar la técnica con espacios de búsqueda continuos, pero preferentemente cuando exista un rango de soluciones relativamente pequeño.

La función de aptitud no es más que la función objetivo de nuestro problema de optimización. El algoritmo genético únicamente maximiza, pero la minimización puede realizarse fácilmente utilizando el recíproco de la función maximizante (debe cuidarse, por supuesto, que el recíproco de la función no genere una división por cero). Una característica que debe tener esta función es que tiene ser capaz de "castigar" a las malas soluciones, y de "premiar" a las buenas, de forma que sean estas últimas las que se propaguen con mayor rapidez.

La codificación más común de las soluciones es a través de cadenas binarias, aunque se han utilizado también números reales y letras. El primero de estos esquemas ha gozado de mucha popularidad debido a que es el que propuso originalmente Holland, y además porque resulta muy sencillo de implementar.

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

### **Acción**

Valor mobiliario que representa una parte proporcional del capital social de una sociedad. Quien tiene acciones es, por tanto, socio propietario de una empresa en proporción a su participación. El accionista es siempre el último en cobrar en caso de liquidación de la compañía (después de los trabajadores, los acreedores y los propietarios de bonos u obligaciones).

### **Activo**

Desde el punto de vista de una sociedad, los activos, son el conjunto de sus bienes (inmuebles, mercaderías...) y derechos de cobro (lo que le deben).

### **Activo financiero**

Valor que acredita la titularidad de determinados derechos económicos (acciones, dinero en efectivo, depósitos, valores de renta fija...).

### **Accionista**

Es el titular de acciones, el co-propietario de una empresa

**Aversión al riesgo**

Actitud de rechazo que experimenta un inversor ante el riesgo financiero, en concreto, ante la posibilidad de sufrir pérdidas en el valor de sus activos. El grado de aversión al riesgo determina el perfil del inversor (se suele distinguir entre conservador, medio, arriesgado) y debe ser el punto de partida para elegir un producto de inversión. Por ejemplo, una persona con elevada aversión al riesgo (perfil conservador) tenderá a elegir productos de nivel de riesgo bajo y por tanto con rendimientos esperados menores. Por el contrario, un inversor arriesgado aceptará la posibilidad de tener pérdidas, a cambio de la posibilidad de obtener beneficios superiores

**Capital**

En un sentido amplio, conjunto de recursos dinerarios (o que se pueden convertir en dinero) de una persona.

**Diversificación de riesgo**

Principio básico de la inversión, que consiste en repartir la inversión entre productos con distinta rentabilidad y diferente riesgo. Una cartera bien diversificada puede tener activos con más riesgo, como las acciones, junto a otros con menos, como la deuda pública. Concentrarse en un solo tipo de inversión aumenta el peligro de pérdidas, ya que si ese activo las sufre no hay otro que las pueda compensar.

**Dividendo**

Parte del beneficio de una compañía que se reparte entre los accionistas. Constituye la remuneración que recibe el accionista por ser propietario de la sociedad. La cantidad de dividendo es variable según los resultados que la empresa obtiene en cada ejercicio. Junto con las posibles plusvalías obtenidas por la revalorización de la acción, el dividendo es la principal fuente de rentabilidad de las acciones.

**Emisión**

A efectos de lo previsto en la normativa española, se entiende por emisión cada conjunto de valores negociables que proceden de un mismo emisor y que se pueden considerar homogéneos entre sí (atribuyen a sus titulares un contenido similar de derechos y obligaciones, tienen la misma naturaleza y régimen de transmisión, y responden a una unidad de propósito, como por ejemplo la obtención sistemática de financiación). Existen emisiones de acciones, de obligaciones, de obligaciones convertibles, de acciones preferentes, de obligaciones perpetuas, etc.



**Emisor**

Entidad que origina y pone en circulación valores o instrumentos financieros que pueden negociarse en los mercados. Los emisores pueden ser entidades públicas (países, entidades supranacionales, comunidades autónomas o ayuntamientos), entidades financieras y empresas. Las emisiones de valores se realizan de acuerdo a condiciones públicas (plazos, tipos de interés, etc.).

**Empresa cotizada**

Aquella cuyas acciones se negocian en bolsa.

**Invertir**

Destinar el ahorro a la compra de bienes muebles o inversiones financieras

**Liquidez**

Es la facilidad con que un activo (divisas, valores, depósitos, bienes muebles o inmuebles) puede convertirse en dinero.

**Mercado continuó**

Sistema informatizado de contratación, que permite la negociación de los principales valores cotizados en la Bolsa de valores, de forma ininterrumpida, durante un amplio horario preestablecido, de forma electrónica

**Mercado primario**

Es la forma en la que las entidades captan dinero en los mercados, mediante la emisión de nuevos valores (bonos o acciones). Es decir, los inversores obtienen títulos, que adquieren directamente de la entidad emisora.

**Mercado secundario**

Al contrario que los mercados primarios, en los mercados secundarios se negocian títulos ya emitidos con anterioridad que estaban en poder de otros inversores. La bolsa es el mercado secundario más conocido.

**Operación de activo**

Cualquier operación efectuada por una entidad de crédito en la que se invierten los fondos captados en diferentes activos (un préstamo a un cliente, una compra de acciones, etc.). Se llama así porque la anotación contable se realiza en el activo del balance de la entidad de crédito.

**Perfil de inversión**

Es una forma de clasificar a los inversores, a partir de determinadas características: tolerancia o aversión al riesgo, horizonte temporal de la inversión, expectativas de rentabilidad, etc. Con carácter general, un inversor puede tener un perfil conservador, medio o arriesgado. Cada persona tendrá que buscar los productos más adecuados para su perfil de inversión.

**Precio de emisión**



Precio efectivo que deben abonar los suscriptores en el momento de la emisión de un valor. En las emisiones de valores de renta fija, el precio de emisión suele coincidir con el valor nominal, aunque en algunos casos puede ser inferior o superior, según el activo de renta fija se emita al descuento o con prima, respectivamente. Si el activo se emite con descuento (como ocurre, por ejemplo, con las letras del Tesoro), el precio de emisión es inferior al nominal (en la diferencia entre ambos está la rentabilidad para quien compra el activo al descuento: paga un precio de emisión inferior al valor nominal que le devuelven cuando el activo llega a vencimiento). También puede darse el caso contrario, que el precio de emisión sea con prima y, por tanto, superior al nominal, algo habitual en el mercado de acciones.

### **Rendimiento**

Resultado de una inversión, que comprende la suma de los intereses o dividendos obtenidos, más la revalorización o depreciación experimentada por el precio en el mercado. Si la depreciación es significativa se puede perder dinero, con lo que el resultado (el rendimiento) en su conjunto habrá sido negativo.

### **Renta variable**

Está compuesta por acciones, que representan la propiedad de la sociedad. Por tanto, cuando un inversor compra una acción, se convierte en socio y propietario de la compañía, por la parte proporcional que represente su acción. En general, las acciones no tienen plazo de vencimiento predeterminado. La rentabilidad de las acciones no está definida de antemano, sino que depende de la marcha de la empresa (de ahí la denominación de renta variable)

### **Riesgo**

Medida de la incertidumbre en el resultado de una inversión. Cuanta más certidumbre exista sobre el resultado (por ejemplo, en los bonos del Estado, se sabe exactamente cuándo y cuánto se va a cobrar por los intereses) menos riesgo tiene la inversión. Cuanto mayor es la incertidumbre sobre el resultado futuro (por ejemplo, en las acciones de una compañía tecnológica y con escaso historial de negocio) mayor riesgo existe.

### **Análisis fundamental**

El análisis fundamental trata de establecer el valor teórico de la acción (precio objetivo) de una compañía y de anticipar cuál será su futuro comportamiento en el mercado bursátil, con base en el estudio detallado de toda la información económico-financiera disponible de la empresa (balance, cuenta de resultados, ratios financieras, etc.), así como de la información del sector, de la coyuntura económica, etc. En definitiva, estudia cualquier información que pueda servir para tratar de predecir el comportamiento futuro de la empresa.

### **Optimización**

Es la acción de buscar la mejor forma de hacer algo, esto quiere decir que es buscar mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia en el desempeño de algún trabajo u objetivo a lograr, en éste caso del recurso de una empresa, llamándose optimización de recursos.

### **Algoritmos Genéticos**

Los Algoritmos Genéticos (AGs) son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos.

### **Meta heurística:**

Una Meta heurística es un método heurístico para resolver un tipo de problema computacional general, usando los parámetros dados por el usuario sobre unos procedimientos genéricos y abstractos de una manera que se espera eficiente.

### **Portafolio de inversión**

También llamado Cartera de Inversión, es una selección de documentos o valores que se cotizan en el mercado bursátil y en los que una persona o empresa deciden colocar o invertir su dinero. Los portafolios de inversión se integran con los diferentes instrumentos que el inversionista haya seleccionado

## **2.5 RENTABILIDAD**

La rentabilidad hace referencia a los beneficios que se han obtenido o se pueden obtener de una inversión que hemos realizado previamente. Tanto en el ámbito de las inversiones como en el ámbito empresarial es un concepto muy importante porque es un buen indicador del desarrollo de una inversión y de la capacidad de la empresa para remunerar los recursos financieros utilizados. Podemos diferenciar entre rentabilidad económica y financiera.

Hace referencia a un beneficio promedio de la empresa por la totalidad de las inversiones realizadas. Se representa en porcentaje y se traduce de la siguiente manera, si la rentabilidad de una empresa en un año es del 10% significa que ha ganado \$10 por cada 100 invertidos.

La rentabilidad económica compara el resultado que hemos obtenido con el desarrollo de la actividad de la empresa con las inversiones que hemos realizado para obtener dicho resultado.

### **Bolsa de Valores de Colombia**

La Bolsa de Valores de Colombia (BVC: BVC) es una bolsa multi-producto y multi-mercado que administra los sistemas de negociación y registro de los mercados de acciones, renta fija, derivados, divisas, OTC y servicios de emisores en Colombia

#### **ICOLCAP**

El ICOLCAP es uno de los índices bursátiles de la BVC o Bolsa de Valores de Colombia (sociedad anónima de carácter privado, en la que se inscriben y negocian valores públicamente), este indicador refleja las variaciones de los precios de las 20 acciones más líquidas donde el valor de Capitalización Bursátil ajustada de cada compañía determina su participación dentro de dicho índice

## **2.6 MARCO TEMPORAL**

El proyecto de investigación se realizará el primer semestre del 2018, con la finalidad de realización para la culminación del semestre.

## **CAPITULO 3 METODOLOGÍA**

### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El método para este trabajo de investigación es de tipo descriptivo. Este tipo de investigación trata de tener información acerca del fenómeno o proceso para describir sus implicaciones, y se va a aplicar una formula ya preestablecida.

Se aplicó la investigación descriptiva, por cuanto el estudio requiere detallar el proceso de modelación de un portafolio de inversión y la aplicación de una meta heurística para resultado de niveles más óptimos

### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación tuvo las siguientes etapas desarrolladas:

#### **Parte 1: Análisis fundamental y preselección de acciones.**

- Etapa I: Se realiza un análisis fundamental
- Etapa II: Se revisa el comportamiento histórico a través del análisis de la tendencia.

#### **Parte 2: Recopilación de la información**

- Etapa I: Se descarga la información histórica de los precios de cierre diarios, de dos años atrás. [3]
- Etapa II: Análisis de la información obtenida y establece los cuatro momentos (ubicación dispersión, asimetría y curtosis)

#### **Parte 3: Desarrollo de la teoría moderna de portafolio**

- Etapa I: Se desarrolla un modelo multi-objetivo (rentabilidad y riesgo )
- Etapa VII: Se desarrolla un modelo uni-bjetivo (rentabilidad vs riesgo)
- Etapa III: Se desarrollan los modelos con la meta heurística de algoritmos evolutivos.

#### **Parte 4: Presentación de los resultados**

- Etapa I: Validación del modelo obtenido
- Etapa II: Presentación del modelo.

## **CAPITULO IV DESARROLLO**

Los elementos que conforman el aplicativo de Portafolio accionario, lo conforma la carpeta con la lista de las acciones de la bolsa de valores de Colombia y el archivo de código desarrollado en visual básico para aplicaciones, en este caso en Excel de Microsoft.

Debido a la familiaridad de la población objetivo, al que se enfocó este aplicativo Se seleccionó la herramienta de Excel. La información de las bolsas de valores está reportada en Excel, es decir, para la importación de la información se hace directamente con Excel.

Para el desarrollo del tema, facilidad y velocidad para los usuarios, se desarrolla un complemento que soporte la toma de decisiones (DSS) y se presenta como una cinta de opciones facilitado por las nuevas versiones de Excel de Microsoft. Inicialmente aparece la opción de Portafolio de Acciones, y es la entrada a las opciones del menú principal. Ver Figura 4.1

Menú en una cinta de opciones

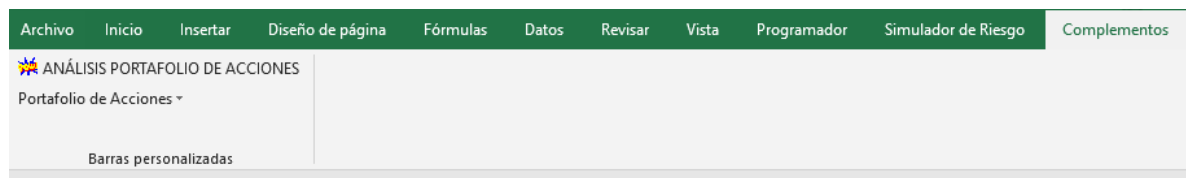


Figura 4.1 Menú principal

Al entrar al menú del portafolio de acciones, se despliega un submenú, para obtener los precios actualizados de la bolsa de valores. En primera instancia, se

va a descargar los precios de las acciones de la Bolsa de Valores de Colombia. Se presenta como un segundo submenú, que facilite la adición de otras bolsas de valores como lo es la Bolsa de Valores de Nueva York. Las otras opciones son: Cargar Precios y Optimizar Genético que serán explicadas más adelante. Ver figura 4.2. Submenú de descargar precios

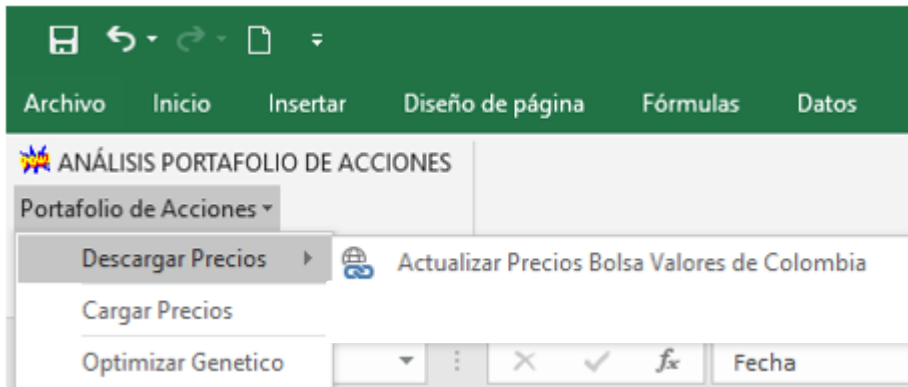


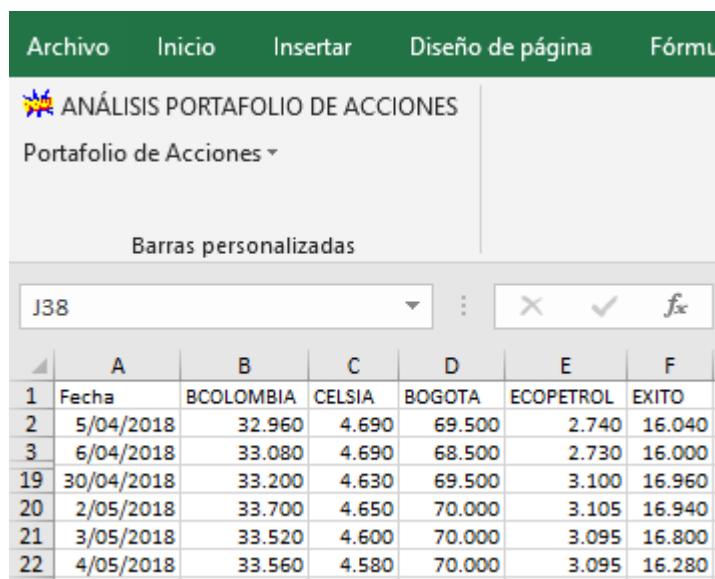
Figura 4.2 Descargar Precios.

El proceso de Actualizar Precios Bolsa Valores de Colombia consiste en determinar la ventana de tiempo (máximo seis meses), y la elección de las acciones a través de un formulario, con la barra de progreso incluida (100%). Ver Figura 4.3

Opción de Actualizar Precios Bolsa Valores de Colombia

Figura 4.3 Formulario para actualizar las cotizaciones de las acciones.

La actualización de las cotizaciones de las acciones se refleja en la hoja activa llamada Datos Acciones. Incluye los precios de cierre de las acciones seleccionadas y la fecha correspondiente. Ver figura 4.4 Hoja: datos\_acciones



	A	B	C	D	E	F
1	Fecha	BCOLOMBIA	CELSIA	BOGOTA	ECOPETROL	EXITO
2	5/04/2018	32.960	4.690	69.500	2.740	16.040
3	6/04/2018	33.080	4.690	68.500	2.730	16.000
19	30/04/2018	33.200	4.630	69.500	3.100	16.960
20	2/05/2018	33.700	4.650	70.000	3.105	16.940
21	3/05/2018	33.520	4.600	70.000	3.095	16.800
22	4/05/2018	33.560	4.580	70.000	3.095	16.280

Figura 4.4 Hoja de salida de los precios de las acciones

Al momento de terminar la descarga de los precios de las acciones, aparece un mensaje confirmando la finalización al usuario. Ver figura 4.5 Formulario de confirmación para el Usuario

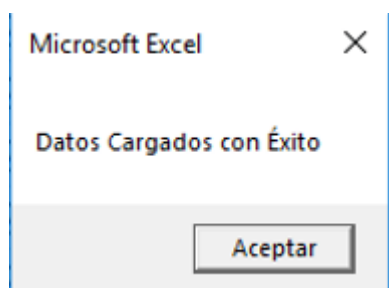


Figura 4.5 Confirmación de descarga de precios.

El mensaje de confirmación realiza varios procedimientos a saber:

- Copia los precios de cierre diarios de la hoja datos\_acciones a la hoja Datos\_acciones\_orden. Ver figura 4.6
- Inserta una columna al lado derecho de los precios con el cálculo de la variación diaria. Ver figura 4.6 Datos\_acciones\_orden.

$$VARIACION = LN\left(\frac{P_T}{P_{T-1}}\right) \text{ Donde:}$$

LN : Logaritmo natural (variación continua)

$P_T$  : Precio de cierre a la fecha actual

$P_{T-1}$  : Precio de cierre a la fecha anterior.

Hoja: Datos\_acciones\_Orden

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Program											
ANÁLISIS PORTAFOLIO DE ACCIONES											
Portafolio de Acciones ▾											
Barras personalizadas											
N29											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fecha	BCOLOMBIA	VARIACION	CELSIA	VARIACION	BOGOTA	VARIACION	ECOPETROL	VARIACION	EXITO	VARIACION
2	05/04/2018	32.960		4.690		69.500		2.740		16.040	
3	06/04/2018	33.080	0,36408%	4.690	0,00000%	68.500	-1,43885%	2.730	-0,36496%	16.000	-0,24938%
4	09/04/2018	33.460	1,14873%	4.700	0,21322%	69.040	0,78832%	2.745	0,54945%	16.020	0,12500%
18	27/04/2018	34.000	1,49254%	4.635	1,20087%	69.400	0,00000%	3.070	1,99336%	16.780	2,06813%
19	30/04/2018	33.200	-2,35294%	4.630	-0,10787%	69.500	0,14409%	3.100	0,97720%	16.960	1,07271%
20	02/05/2018	33.700	1,50602%	4.650	0,43197%	70.000	0,71942%	3.105	0,16129%	16.940	-0,11792%
21	03/05/2018	33.520	-0,53412%	4.600	-1,07527%	70.000	0,00000%	3.095	-0,32206%	16.800	-0,82645%
22	04/05/2018	33.560	0,11933%	4.580	-0,43478%	70.000	0,00000%	3.095	0,00000%	16.280	-3,09524%

Figura 4.6 Variación diaria de los precios

- Se realiza la extracción de la hoja datos\_acciones\_orden: las variaciones de los precios diarios y los copia en la hoja: datos\_acciones\_orden2. Ver figura 4.7 Hoja: Datos\_Opciones\_orden2



	A	B	C	D	E	F
1	Fecha	BCOLOMBIA	CELSIA	BOGOTA	ECOPETROL	EXITO
2	05/04/2018					
3	06/04/2018	0,3641%	0,0000%	-1,4388%	-0,3650%	-0,2494%
4	09/04/2018	1,1487%	0,2132%	0,7883%	0,5495%	0,1250%
5	10/04/2018	1,9127%	-0,1064%	0,5214%	1,6393%	-0,2497%
20	02/05/2018	1,5060%	0,4320%	0,7194%	0,1613%	-0,1179%
21	03/05/2018	-0,5341%	-1,0753%	0,0000%	-0,3221%	-0,8264%
22	04/05/2018	0,1193%	-0,4348%	0,0000%	0,0000%	-3,0952%

Figura 4.7 extracción de las variaciones diarias de los precios

- Con base en la información contenida en la hoja: Datos\_Opciones\_orden2, se procede a realizar varios cálculos previos, pero necesarios para el portafolio óptimo y se presentan en la hoja Alg\_Genético. Ver figura 4.8 Hoja ALg\_Genético

	A	B	C	D	E	F
1		BCOLOMBIA	CELSIA	BOGOTA	ECOPETROL	EXITO
2	Rentabilidad	0,09969%	-0,11704%	0,03811%	0,63753%	0,08173%
3	Varianza	0,01989%	0,00327%	0,00476%	0,05664%	0,01566%
4	Riesgo	1,41035%	0,57168%	0,68999%	2,38002%	1,25135%
5	Z	-0,07069	0,20473	-0,05524	-0,26787	-0,06532
6	Pos. Perdida	47,18237%	58,11095%	47,79741%	39,44006%	47,39615%

Figura 4.8 hoja Alg\_genetico. Cálculo de rentabilidad y riesgo

- La primera parte de la hoja: Alg\_Genético, corresponde a los cálculos individuales de las acciones con base en la información de la hoja: Datos\_Opciones\_orden2, a saber:

- Rentabilidad de cada acción: se calcula con el vector de variación de precios y corresponde a la fila 2, de la hoja: Alg\_Genetico.

La rentabilidad es uno de los primeros momentos matemáticos: La ubicación.

$$VARIACION\ PROMEDIO = \frac{1}{N} \sum LN \left( \frac{P_T}{P_{T-1}} \right)$$

Rentabilidad

B2	=PROMEDIO(Datos_Acciones_Orden2!B2:B22)
C2	=PROMEDIO(Datos_Acciones_Orden2!C2:C22)
D2	=PROMEDIO(Datos_Acciones_Orden2!D2:D22)
E2	=PROMEDIO(Datos_Acciones_Orden2!E2:E22)
F2	=PROMEDIO(Datos_Acciones_Orden2!F2:F22)

- La varianza de cada acción de la hoja: Datos\_Opciones\_orden2, corresponde al segundo momento matemático: la dispersión.
- se calcula con el vector de variación de precios y corresponde a la fila 3, de la hoja: Alg\_Genetico.

$$VARIANZA = \frac{1}{N-1} \sum (P_T - P_{T-1})^2$$

Varianza

B3	=VAR(Datos_Acciones_Orden2!B2:B22)
C3	=VAR(Datos_Acciones_Orden2!C2:C22)
D3	=VAR(Datos_Acciones_Orden2!D2:D22)
E3	=VAR(Datos_Acciones_Orden2!E2:E22)
F3	=VAR(Datos_Acciones_Orden2!F2:F22)

- Para presentar el segundo momento en forma lineal se calcula la desviación estándar, este resultado se conoce como el riesgo y es el sesgo de cada uno de los datos con respecto a la media estadística.

$$RIESGO = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (P_T - P_{T-1})^2}$$

- se calcula con el vector de variación de precios y corresponde a la fila 4, de la hoja: Alg\_Genetico.

Riesgo

B4	=DESVESTA(Datos_Acciones_Orden2!B2:B22)
C4	=DESVESTA(Datos_Acciones_Orden2!C2:C22)
D4	=DESVESTA(Datos_Acciones_Orden2!D2:D22)
E4	=DESVESTA(Datos_Acciones_Orden2!E2:E22)
F4	=DESVESTA(Datos_Acciones_Orden2!F2:F22)

- Calculo del valor Z: Se asume que los precios de las acciones en la ventana de tiempo establecida tienen un comportamiento ajustado a una distribución normal, no se contempló las pruebas de bondad y ajuste ni las pruebas de homocedasticidad o heterocedasticidad. El valor Z (normalización), expresa el número de desviaciones estándar de distancia entre un valor de variación determinado y el valor medio esperado. Ver figuras 4.9 y 4.10

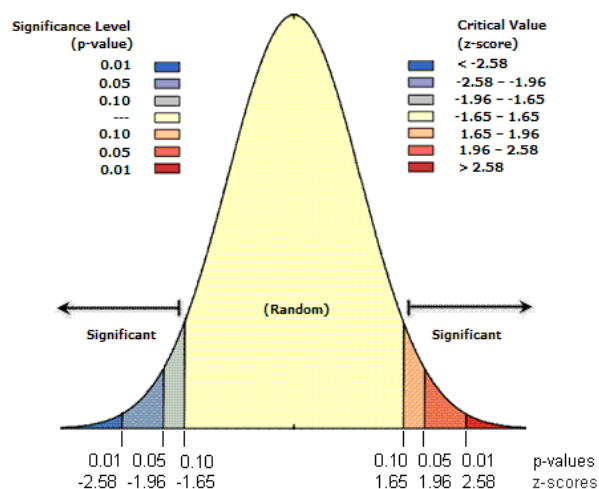


Figura 4.9 Distribución normal

Los valores de uso más acostumbrados de Z para expresar la probabilidad de ocurrencia y confiabilidad de la información son:

puntuación z (Desviaciones estándar)	valor P (Probabilidad)	Nivel de confianza
< -1,65 o > +1,65	< 0,10	90%
< -1,96 o > +1,96	< 0,05	95%
< -2,58 o > +2,58	< 0,01	99%

Figura 4.10 Valores de Z

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Dónde:

Z : Valor estadístico de la curva normal de frecuencias

X : cualquier valor de una muestra estadística

$\mu$  : promedio o media aritmética obtenido de la muestra estadística

$\delta$  : Desviación estándar

- o se calcula con el vector de variación de precios y corresponde a la fila 5 de la hoja: Alg\_Genetico.

B5 =NORMALIZACION(0;B2;B4)

C5 =NORMALIZACION(0;C2;C4)

VALOR Z D5 =NORMALIZACION(0;D2;D4)

E5 =NORMALIZACION(0;E2;E4)

F5 =NORMALIZACION(0;F2;F4)

- o La probabilidad de perdida se calcula con la integral del área bajo la curva de la función de distribución normal estándar entre  $-\infty$  y el valor Z.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left( -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right), \sigma > 0$$

La función de distribución acumulada (CDF) es:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ -\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt, \sigma > 0$$

Posibilidad B6 =DISTR.NORM.ESTAND(B5)

de Perdida C6 =DISTR.NORM.ESTAND(C5)  
D6 =DISTR.NORM.ESTAND(D5)  
E6 =DISTR.NORM.ESTAND(E5)  
F6 =DISTR.NORM.ESTAND(F5)

- Proceso de armado del portafolio
  - Luego de culminar con los diferentes cálculos de cada una de las acciones, se procede al cálculo de la covarianza y de la correlación entre las acciones que conforman el portafolio. El coeficiente de correlación determina el grado de relación entre las acciones. Es una forma de disminuir el riesgo en el portafolio fuera de diversificar, se busca una acción para reemplazar otra que forma parte del portafolio con un nivel de correlación cercano a cero. Ver figura 4.11

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista						
ANÁLISIS PORTAFOLIO DE ACCIONES						
Portafolio de Acciones ▾						
Barras personalizadas						
I18						
	A	B	C	D	E	F
8	MATRIZ VARIANZA/COVARIANZA					
9	Acción i	Acción j	Covarianza	Correlación		
10	BCOLOMBIA	CELSIA	0,00295%	38,56739%	0,00000%	0,00000%
11	BCOLOMBIA	BOGOTA	0,00183%	19,75737%	0,00000%	0,00000%
12	BCOLOMBIA	ECOPETROL	0,00904%	28,33878%	0,00000%	0,00000%
13	BCOLOMBIA	EXITO	0,00505%	30,12601%	0,00000%	0,00000%
14	CELSIA	BOGOTA	0,00004%	1,14445%	0,00000%	0,00000%
15	CELSIA	ECOPETROL	0,00542%	41,94529%	0,00000%	0,00000%
16	CELSIA	EXITO	0,00222%	32,63104%	0,00000%	0,00000%
17	BOGOTA	ECOPETROL	0,00218%	13,96396%	0,00000%	0,00000%
18	BOGOTA	EXITO	-0,00050%	-6,10025%	0,00000%	0,00000%
19	ECOPETROL	EXITO	0,00837%	29,57558%	0,00000%	0,00000%

Figura 4.11 Matriz de varianza – covarianza

- Cálculo de la rentabilidad del portafolio: se tiene la rentabilidad esperada de cada acción, ya lo que sigue es calcular la rentabilidad esperada del portafolio de acuerdo con la expresión:

$$\text{Max } E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E(R_i) \quad (1)$$

Sujeto a (2)

$$\begin{aligned} \sigma^2(R_p) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij} \leq \sigma_0^2 \\ \sum_{i=1}^n w_i &= 1; \quad w_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n) \end{aligned} \quad (2)$$

donde  $n$  es el número de activos en el portafolio;  $R_i$  es la variable aleatoria rendimiento del activo  $i$ ;  $E(R_i)$  es el rendimiento esperado del activo  $i$ ;  $R_p$  es la variable aleatoria rendimiento del portafolio;  $E(R_p)$  es el rendimiento esperado del portafolio;  $w_i$  es la proporción del presupuesto del inversionista destinado al activo  $i$ ;  $\sigma^2(R_p)$  es la varianza del rendimiento del portafolio;  $\sigma_{ij}$  es la covarianza entre los rendimientos de los activos  $i$  y  $j$ ; y  $\sigma_0^2$  es la varianza máxima admitida.

Es un modelo de programación cuadrática multiobjetivo, la función objetivo contiene la rentabilidad y se busca los pesos o porcentaje de participación de cada acción. La otra función objetivo, es el mínimo riesgo y se incluye en el modelo como una restricción. Ver cálculo en Excel Figura 4.12

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista						
ANÁLISIS PORTAFOLIO DE ACCIONES						
Portafolio de Acciones ▾						
Barras personalizadas						
O30						
	A	B	C	D	E	F
23	Acción	% Inversión	Rentabilidad	Varianza	Riesgo	% Inversion^2
24	BCOLOMBIA	0,00000%	0,09969%	0,01989%	1,41035%	0,00000%
25	CELSIA	0,00000%	-0,11704%	0,00327%	0,57168%	0,00000%
26	BOGOTA	0,00000%	0,03811%	0,00476%	0,68999%	0,00000%
27	ECOPETROL	0,00000%	0,63753%	0,05664%	2,38002%	0,00000%
28	EXITO	0,00000%	0,08173%	0,01566%	1,25135%	0,00000%
29	TOTAL	0,00000%				
30	Portafolio					
31	Rentabilidad	0,00000%				
32	Varianza	0,00000%				
33	Riesgo	0,00000%				

Figura 4.12 Plantilla para calcular portafolio optimo multi objetivo.

Las fórmulas incorporadas en esta parte del modelo son:

RENT PORTAF	=SUMAPRODUCTO(\$B\$22:\$B\$26;\$C\$22:\$C\$26)
VARIANZA PORT	=SUMAPRODUCTO(\$D\$22:\$D\$26;\$F\$22:\$F\$26)+ 2*SUMAPRODUCTO(\$C\$10:\$C\$19;\$E\$10:\$E\$19;\$F\$10:\$F\$19)
RIESGO PORTAF	=RAIZ(B30)

- Ya se dispone del modelo de portafolio óptimo de máxima rentabilidad y mínimo riesgo, en Excel. El paso siguiente es utilizar el algoritmo genético para hallar los porcentajes de inversión de cada acción. Ver figura 4.13

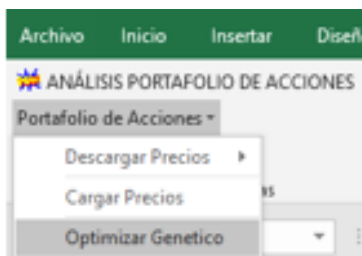


Figura 4.13 Opción: Optimizar\_genético

Al elegir la opción de optimizar genético, se despliega el formulario para ingresar el número de padres (los cromosomas emulan los portafolios). Dado el número de cromosomas, se generarán ese mismo número de portafolios, y aleatoriamente se asigna la participación de cada acción en cada portafolio.

La función fitness se construye con base en otorgar mayor participación a la acción con menos riesgo y así sucesivamente.

El cruzamiento se realiza entre cada par de cromosomas intercambiando los pesos de las acciones entre sí.

La mutación en este caso consiste en alterar los porcentajes de participación de cada acción dejando las demás fijas. Ver figura 4.14

Figura 4.14 ingreso de la población de padres

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

#### MATRIZ DE VARIANZA COVARIANZA.

MATRIZ VARIANZA/COVARIANZA					
Acción i	Acción j	Covarianza	Correlación	%AI	%AJ
BCOLOMBIA	CELSIA	0,0022%	17,7299%	37,1475%	12,8582%
BCOLOMBIA	BOGOTA	0,0010%	7,8749%	37,1475%	37,8730%
BCOLOMBIA	ECOPETROL	0,0016%	6,9147%	37,1475%	7,8548%
BCOLOMBIA	EXITO	0,0088%	51,9106%	37,1475%	5,6641%
CELSIA	BOGOTA	0,0045%	53,2602%	12,8582%	37,8730%
CELSIA	ECOPETROL	0,0024%	16,9530%	12,8582%	7,8548%
CELSIA	EXITO	0,0006%	5,7541%	12,8582%	5,6641%
BOGOTA	ECOPETROL	0,0045%	29,8621%	37,8730%	7,8548%
BOGOTA	EXITO	-0,0024%	-20,9916%	37,8730%	5,6641%
ECOPETROL	EXITO	-0,0024%	-12,2017%	7,8548%	5,6641%

#### ULTIMO RESULTADO CALCULADO Y CUMPLE CON LAS CONDICIONES

Acción	% Inversión	Rentabilidad	Varianza	Riesgo	% Inversion^2
BCOLOMBIA	37,1475%	0,2556%	0,0208%	1,4414%	13,7993%
CELSIA	12,8582%	-0,0932%	0,0083%	0,9129%	1,6533%
BOGOTA	37,8730%	-0,0317%	0,0094%	0,9671%	14,3436%
ECOPETROL	7,8548%	-0,1215%	0,0270%	1,6439%	0,6170%
EXITO	5,6641%	-0,1886%	0,0153%	1,2387%	0,3208%
TOTAL	101,3976%				



Portafolio  
 Rentabilidad 0,05074%  
 Varianza 0,00617%  
 Riesgo 0,78529%

## RESULTADO PARA CADA CROMOSOMA ÓPTIMO

Cromosomas	BOLOMBIA CELSIA	BOGOTA	ECOPETROL	EXITO	TOTAL INVERSIÓN	RENTABILIDAD	VARIANZA	RIESGO	RENTABILIDAD/RIESGO	CUMPLE > 0	CUMPLE = 100%	
1	77,63%	10,51%	6,75%	5,18%	0,68%	100,75%	0,18%	0,01%	1,16%	15,38%	OK	OK
2	64,80%	4,02%	13,74%	6,76%	8,96%	98,28%	0,13%	0,01%	1,03%	12,81%	OK	OK
3	75,67%	4,17%	13,27%	4,75%	2,72%	100,59%	0,17%	0,01%	1,14%	15,26%	OK	OK
4	37,15%	12,86%	37,87%	7,85%	5,66%	101,40%	0,05%	0,01%	0,79%	6,46%	OK	OK

## CAPITULO 5 CONCLUSIONES

- El presente trabajo demuestra en primera instancia, que problemas tan amplios como son los de origen combinatorial, se logran desarrollar en excel.
- El modelo expresado de portafolio de inversión de Markowitz, alcanza un resultado bastante aproximado al alcanzado por otras metodologías como el modelo de programación cuadrática a través del complemento solver de excel.
- Las metaheurísticas como el algoritmo genético que pertenece a la familia de las evolutivas, amplían el horizonte de los estudiosos en la solución de problemas prácticos y cotidianos como las inversiones bursátiles.

- Esta aplicación es un inicio, basandose en el modelo de algoritmo genético básico. Y puede robustecerse de acuerdo a la ampliación de la aplicación de portafolios mixtos.
- El problema de optimización aquí abordado es del tipo multiobjetivo tomando las variables rentabilidad y riesgo. Dejando la función objetivo como el riesgo y la rentabilidad como una restricción.
- Se manifiesta la importancia y relevancia que cada vez toma las metaheurísticas para resolver problemas en el campo financiero.

## **CAPITULO 6 RECOMENDACIONES**

- Aplicar las meta heurísticas en la conformación de portafolios que involucren varios mercados simultáneamente como renta fija, acciones, divisas y contratos de futuros.
- Aunque la meta heurística de algoritmo genético no es exacta y en general aborda resultados bastante aproximados al óptimo, se puede complementar con heurísticas como la de vecindad.
- Se sugiere y recomienda aprovechar las nuevas funciones que traen las últimas versiones de Excel como es el caso de la función servicioweb para la importación de datos de la web.

## **BIBLIOGRAFÍA**

MARKOWITZ, Harry (1952); Portfolio Selection. The Journal Of Finance Vol 1

SHARPE, F William, Capital Asset prices (1964): A theory of Market Equilibrium under conditions of risk Vol six No.3

Software Microsoft Excel 2013

BAHRAMI, Siavosh (2004), Portfolio Optimization with optimal Search

Sitio Web: "Metaheurísticas Pdf" URL:

<https://www.google.com.co/search?q=metaheuristic&oq=metaheuristic&aqs=chrome..69i57j0l5.2826j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Sitio Web: Monografías, “Portafolios de inversión” URL:  
[www.monografias.com/trabajos40/portafolios-inversion/portafolios-inversion.shtml](http://www.monografias.com/trabajos40/portafolios-inversion/portafolios-inversion.shtml)

Sitio Web: Ed financiera, “Glosario de términos financieros” URL:  
[http://www.edufinet.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=460&Itemid=95](http://www.edufinet.com/index.php?option=com_content&task=view&id=460&Itemid=95)

Sitio Web: Galeón, “Algoritmos genéticos”  
<http://eddyalfaro.galeon.com/geneticos.html>

Sitio Web: El economista, “Diversificación en carteras de inversión” URL:  
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2008b/418/La%20Teoria%20Moderna%20de%20Portafolios.htm>

Sitio Web: Planetatusfinanzas, “Tipos de riesgo en carteras de inversión” URL:  
<https://planeatusfinanzas.com/riesgo-sistematico-y-no-sistematico/>

Sitio Web: GMSIL finance, “Antecedentes de la Bolsa de Valores de Colombia”  
<https://gmsfinance.webnode.com.co/news/antecedentes-de-la-bvc-bolsa-de-valores-de-colombia/>

Sitio Web: Bolsa d Valores de Colombia,  
<http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc>

VELASCO, portafolio moderno de inversión, URL:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lec/velasco\\_r\\_g/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/velasco_r_g/capitulo2.pdf)

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-47722003000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722003000200007)